

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. September 2005 (22.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/087427 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B23K 26/10**,
26/20, 26/04, B25J 19/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/002438

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. März 2005 (08.03.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 011 769.1 9. März 2004 (09.03.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **KUKA SCHWEISSANLAGEN GMBH** [DE/DE];
Blücherstr. 144, 86165 Augsburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RIPPL, Peter**
[DE/DE]; Friedrich-Deffner-Str. 19b, 86163 Augsburg
(DE). **HESSE, Johann** [DE/DE]; Galusbergle 9,
86152 Augsburg (DE). **ENGLHARD, Anton** [DE/DE];
Siedlung 9, 86574 Petersdorf/Schönleiten (DE).

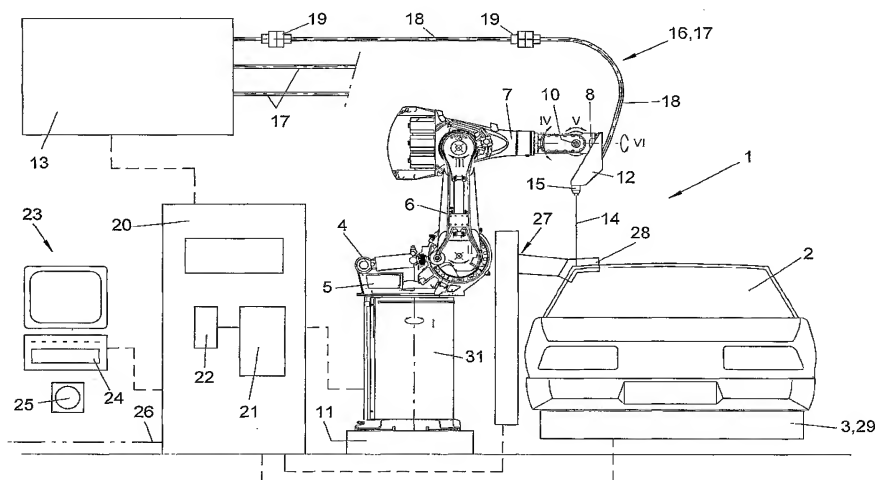
(74) Anwälte: **ERNICKE, H.-D.** usw.; Schwibbogenplatz 2b,
86153 Augsburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR LASER MACHINING AND LASER DEVICE HAVING LASER POWER WHICH IS CONTROLLED
ACCORDING TO LASER MOVEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM LASERBEARBEITEN UND LASEREINRICHTUNG MIT IN ABHÄNGIGKEIT VON
DER LASERBEWEGUNG GESTEUERTE LASERLEISTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device (1) for laser machining vehicle bodies or body parts (2). A laser beam (14) is guided from a laser source (13) to a remote laser tool (15) on a robot hand by means of a guiding device (16). The robot (4) maintains the laser tool (15) in a suspended manner over the tool (2), at a focal length (F) and at a contact free distance and guides it along a machining path (30). The laser beam (14) is deviated, by movement of the hand axis (IV, V, VI), about a variable deviation angle (a), and the laser source (13), whose power is variable, is controlled according to the movement of the laser beam. The beam deviation of the hand axis (IV, V, VI) can be superimposed on an offset movement of the robot (4).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/087427 A1



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung (1) zum Laserbearbeiten von Fahrzeugkarosserien oder Karosserieteilen (2). Von einer Laserquelle (13) wird ein Laserstrahl (14) über eine Leiteinrichtung (16) zu einem Remote-Laserwerkzeug (15) an der Roboterhand (8) geführt. Der Roboter (4) hält das Laserwerkzeug (15) mit einer Brennweite F in einem kontaktfreien Abstand schwebend über dem Werkzeug (2) und führt es entlang einer Bearbeitungsbahn (30). Der Laserstrahl (14) wird hierbei über eine Bewegung der Handachse (IV, V, VI) um veränderliche Auslenkwinkel α abgelenkt, wobei die in ihrer Leistung veränderliche Laserquelle (13) in Abhängigkeit von der Laserstrahlbewegung gesteuert wird. Die Strahlablenkung der Handachsen (IV, V, VI) kann einer Versatzbewegung des Roboters (4) überlagert werden.

VERFAHREN ZUM LASERBEARBEITEN UND LASEREINRICHTUNG MIT IN ABHÄNGIGKEIT VON DER LASERBEWEGUNG GESTEUERTER LASERLEISTUNG

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserbearbeiten und eine Lasereinrichtung mit den Merkmalen im Kennzeichenteil des Verfahren- und Vorrichtungshauptanspruches.
- 10 Ein solches Bearbeitungsverfahren nebst Lasereinrichtung zum Laserschweißen von Fahrzeugkarosserien ist aus der DE 103 35 501 A1 bekannt. Von einer Laserquelle wird ein Laserstrahl über eine Leiteinrichtung zu einem Remote-Laserwerkzeug an einer mehrachsigen Hand eines
- 15 Manipulators geführt und auf ein Werkstück gerichtet. Der Manipulator bewegt hierbei das Remote-Laserwerkzeug in einem kontaktfreien Abstand schwebend über dem Werkstück entlang einer Bearbeitungsbahn. Der Laserstrahl kann hierbei über eine in das Laserschweißwerkzeug integrierte
- 20 Scanneroptik mit beweglichen Spiegeln abgelenkt werden. Der Manipulator, hier ein mehrachsiger Industrieroboter, ist mit einer Robotersteuerung verbunden, welche die Achsen des Roboters und seiner Roboterhand steuert.
- 25 Die DE 43 35 367 A1 zeigt einen mehrachsigen Industrieroboter, in dessen Roboterhand eine Laserschweißeinrichtung integriert ist. Die Laserschweißeinrichtung besitzt einen Sensor zur Erfassung prozessrelevanter Signale aus der Bearbeitungszone, wobei
- 30 der Sensor an eine Prozesssteuerung oder -regelung für die Laserleistung angeschlossen ist.

Aus der Praxis ist es ferner bekannt, dass ein Industrieroboter ein Laserschweißwerkzeug mittels einer

35 Andrückvorrichtung in Berührungskontakt über das Werkstück führt. An der Führungsbewegung sind alle Roboter- und Handachsen gleichermaßen beteiligt. Das Laserwerkzeug wird

mit einer konstanten Winkelausrichtung gegenüber dem Werkstück bewegt und orientiert, wobei der Laserstrahl stets im Wesentlichen senkrecht auf die Werkstückoberfläche trifft. Als Laserquellen werden
5 konventionelle Nd-YAG-Laser oder CO₂-Laser eingesetzt, die mit überwiegend konstanter Leistung arbeiten und ggf. steuerbar sind. Mit der bekannten Technik lassen sich nur begrenzte Schweißgeschwindigkeiten erzielen. Außerdem ist die Laserschweißtechnik nur in Ausschweißstationen und zum
10 Schweißen langer, unterbrechungsfreier Schweißnähte geeignet. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Roboterbahn zur Führung des Laserwerkzeugs und die Schweißparameter vom Bediener vor Ort selbst ausgetestet und programmiert bzw. geteacht werden müssen.

15 Ferner ist es im Bereich der Oberflächenbearbeitung und insbesondere Gravur von Werkstücken bekannt, stationäre Laserwerkzeuge mit einer Scanneroptik aus beweglichen Spiegeln zur Ablenkung und Führung des Laserstrahls
20 einzusetzen.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine bessere Laserschweißtechnik aufzuzeigen.

25 Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruch.
Das beanspruchte Laserbearbeitungsverfahren und die Lasereinrichtung haben den Vorteil einer wesentlich höheren Bearbeitungsgeschwindigkeit, insbesondere
30 Schweißgeschwindigkeit, und entsprechend kürzerer Zykluszeiten. Die Zykluszeit ist die Summe der Zeiten für eine Schweißaufgabe und die Umorientierung für die nächste Schweißaufgabe. Dies erhöht die Wirtschaftlichkeit und erlaubt es, in der vorgegebenen Taktzeit wesentlich mehr
35 Bearbeitungsvorgänge, insbesondere Schweißprozesse bzw. Schweißaufgaben, mit weniger Geräten am Werkstück durchzuführen. Zudem eignet sich die Lasertechnik für

beliebige Laserbearbeitungsverfahren, wobei außer dem bevorzugten Laserschweißen auch Laserschneiden oder andere Laserprozesse möglich sind.

5 Ein weiterer besonderer Vorteil liegt in der universellen Einsetzbarkeit der Lasertechnik, die sich insbesondere für das Heften lose vorgespannter Karosserieteile in einer formgebenden Geostation oder Framingstation eignen. Insbesondere sind die Nahtformen frei wählbar, wobei
10 Steppnähte, durchgehende Nähte oder Pendelnähte mit seitlicher Auslenkung schweißbar sind.

Durch die Ablenkung des Laserstrahls mittels einer Handachsenbewegung lassen sich sehr hohe
15 Bewegungsgeschwindigkeiten des Laserstrahls und entsprechend hohe Schweißgeschwindigkeiten erzielen. Außerdem lässt sich eine solche Laserstrahlablenkung besonders leicht steuern und überwachen. Dies ist einfacher als eine Laserstrahlablenkung durch ins
20 Laserwerkzeug integrierte Scanneroptiken mit beweglichen Spiegeln. Die Handachsenbewegung kann zudem schneller, zielsicherer und kontrollierter als eine Spiegelbewegung ausgeführt werden. Ferner kann die gesamte Spiegeltechnik entfallen.

25 Bei den Handachsenbewegungen zur Laserstrahlablenkung können die anderen Roboterachsen im Wesentlichen in Ruhe sein oder nur eine durch den Ablenkungswinkel bedingte Höhenausgleichsbewegung der Hand und des Laserwerkzeugs
30 ausführen. Bei langen Brennweiten von 300 mm und mehr ist ein Höhenausgleich häufig nicht erforderlich. Außerdem ermöglichen lange Brennweiten bei gleichen Schwenkwinkeln längere Schweißnähte bei einem im Wesentlichen stehenden Manipulator oder Roboter.

35

Alternativ kann der Manipulator eine Versatzbewegung mit seiner Hand ausführen, die der Handachsenbewegung überlagert wird. Hierdurch lassen sich besonders lange Bearbeitungsbahnen oder Schweißbahnen erzielen, die auch beliebig im Raum verlaufen können. Hierbei kann der Manipulator eine im Wesentlichen kontinuierliche Versatzbewegung durchführen, die besonders belastungsgünstig und für die Erzielung hoher Schweißgeschwindigkeiten förderlich ist. Durch eine zumindest partiell entgegengesetzte Laserstrahlablenkung und entsprechende Handachsenbewegung lässt sich hierbei in der Geschwindigkeits- und Orientierungsüberlagerung die gewünschte und insbesondere die optimale Bearbeitungs- und Schweißgeschwindigkeit am Werkstück erzielen. Die Naht kann wahlweise in Richtung oder entgegen der Versatzbewegung geschweißt werden. Über Handachsenbewegungen kann zudem der Laserstrahl seitlich von dem eigentlichen Bahnverlauf ausgelenkt werden, um beliebige Nahtformen schweißen zu können. Außerdem können für den Schweißprozess günstige Einfallwinkel erzielt werden, wobei insbesondere ein stechender Strahleinfall erreichbar ist.

Die in ihrer Leistung veränderliche und in Abhängigkeit von der Laserstrahlbewegung gesteuerte Laserquelle bietet den Vorteil, dass bei der Laserbearbeitung die gewünschte und insbesondere die optimale Streckenenergie am Werkstück eingebracht werden kann. Wenn der Laserstrahl mit hoher Geschwindigkeit über das Werkstück wandert, kann auch die Laserleistung entsprechend hoch sein. Außerdem kann die Laserleistung in Abhängigkeit vom Einstrahlwinkel des Laserstrahls am Werkstück gesteuert werden, um dem winkelabhängigen, unterschiedlichen Einkoppelverhalten des Laserstrahls Rechnung zu tragen. Bei der Bildung von unterbrochenen Nähten oder sogenannten Steppnähten kann die Laserleistung auch zeitweise abgeschaltet werden. Im Gegensatz zum Stand der Technik muss hierbei keine

Laserleistung vernichtet werden. Als in der Leistung steuerbare und auch abschaltbare Laserquellen eignen sich insbesondere Faserlaser, Scheibenlaser oder diodengepumpte Nd-YAG-Laser.

5

Besondere technische und wirtschaftliche Vorteile ergeben sich, wenn die Laserquelle und der Manipulator von einer gemeinsamen Steuerung mit einer Recheneinheit und Speichern für Programme sowie mindestens einer

10 Technologiedatenbank beaufschlagt werden. Diese Steuerung nimmt den Gerätebetreibern und Bedienern die bisherigen sehr aufwändigen und nur von Fachkräften ausführbaren Programmierarbeiten ab. Von Betreiber- oder Bedienerseite brauchen nur noch die Werkstückdaten in die Steuerung

15 eingegeben werden, die auf dieser Datenbasis automatisch die erforderlichen Manipulatorbewegungen und Laser-Prozessparameter ermittelt und ausführt. Die Steuerung generiert hierbei die vom Laserstrahl zu verfolgende Führungsbahn und auch die erforderlichen Orientierungen

20 und Ablenkungen des Laserstrahls über eine entsprechende automatische programmunterstützte Erstellung und Speicherung der Versatzbewegungen des Manipulators und der Handachsenbewegungen. Der Bediener braucht somit den Manipulator im Gegensatz zum Stand der Technik nicht mehr

25 zu teachen. Außerdem werden die Laser-Prozessparameter und insbesondere die erforderlichen Leistungssteuerdaten der Laserquelle entsprechend der Laserstrahlbewegung automatisch ermittelt und eingestellt.

30 Die Werkstückdaten können vom Bediener per Hand, über einen austauschbaren Datenträger oder auch per Datenfernübertragung über eine Datenleitung in die Steuerung eingegeben werden. Bei einer Datenfernübertragung ist sogar ein vollautomatischer

35 Betrieb möglich. Die beanspruchte Lasertechnik bietet durch diesen hohen Bedienungskomfort eine wesentliche Entlastung des Bedienungspersonals und ermöglicht den

Einsatz weniger qualifizierter Bediener oder sogar den weitgehenden Verzicht auf Bedienpersonal.

Die Lasertechnik ist durch den hohen Integrationsgrad mit
5 nur wenig Aufwand an der Arbeitsstelle, insbesondere in
einer Roboterzelle oder einer kompletten Fertigungslinie
schnell einsetzbar. Die Lasertechnik mit
Bearbeitungsverfahren und Lasereinrichtung kann als
komplettes Funktionspaket dem Anlagenbetreiber zur
10 Verfügung gestellt werden, der damit ohne großen
Vorbereitungsaufwand schnell arbeiten kann. Insbesondere
lässt sich die Lasertechnik problemlos in bestehende
Fertigungsanlagen integrieren und kann auch für die
Umrüstung oder Nachrüstung bestehender Zellen oder
15 Stationen eingesetzt werden.

Zur Komplettierung der Lasertechnik kann noch ein Tooling
integriert und vorzugsweise mit der gemeinsamen Steuerung
verbunden werden. Dies kann die unterschiedlichsten
20 Werkzeuge für die Fahrzeugkarosserien oder andere
Werkstücke umfassen. Dies sind z.B. Spannwerkzeuge für das
lagegenaue Spannen von zu verschweißenden
Karosseriebauteilen oder eine Transporteinrichtung für den
Wechsel und die exakte Positionierung der Werkstücke.

25 Die Möglichkeiten der beanspruchten Lasertechnik lassen
sich besonders gut bei Einsatz von mehrachsigen
Manipulatoren mit mehrachsigen Händen, insbesondere
Gelenkarmrobotern mit sechs oder mehr Achsen, ausnutzen.
30 Hierdurch lassen sich die besten Flexibilitäten und die
größten Arbeitsräume erzielen. Zudem sind lange
Brennweiten der Laserwerkzeuge günstig, um durch kleine
und schnell steuerbare Handachsenbewegungen lange
Bearbeitungsbahnen erzeugen und große Werkstückbereiche
35 erreichen zu können. Durch die hohen
Prozessgeschwindigkeiten sind außerdem weniger
Manipulatoren und Laserwerkzeuge als bisher zur

Bearbeitung der Werkstücke erforderlich. Dies spart erhebliche Installationskosten und verbessert außerdem die gegenseitige Störproblematik der eingesetzten Geräte.

- 5 Die Lasereinrichtung lässt sich außerdem beliebig durch Einsatz mehrerer Manipulatoren oder Roboter mit Laserwerkzeugen erweitern, wobei über eine entsprechende Umschalttechnik die Beibehaltung einer einzigen und gemeinsamen Laserquelle möglich ist, was wegen deren Preis
10 erhebliche Einsparungen mit sich bringt. Die gemeinsame Steuerung kann hierbei universell eingesetzt werden.

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

15

20

25

30

35

Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielweise und schematisch dargestellt. Im einzelnen zeigen:

- 5 Figur 1: Eine Lasereinrichtung mit einem Manipulator,
 einem Laserwerkzeug und einer Laserquelle in
 Draufsicht,
- Figur 2: eine Lasereinrichtung in Seitenansicht,
- 10 Figur 3: eine Fahrzeugkarosserie mit den erforderlichen
 Schweißbereichen und der zugehörigen
 Führungsbahn des Laserwerkzeugs und des
 Manipulators in Seitenansicht,
- 15 Figur 4: eine vereinfachte und perspektivische
 Prinzipdarstellung eines Remote-Laserwerkzeugs,
- Figur 5: eine detailliertere und vergrößerte
20 Seitenansicht des Manipulators mit dem
 Laserwerkzeug und einem Teil des Werkstücks,
- Figur 6: eine vergrößerte Seitenansicht der Hand, eines
 Auslegers und des Laserwerkzeugs,
- 25 Figur 7: eine Prinzipskizze der Laserstrahlbewegung am
 Werkstück,
- Figur 8: eine Prinzipdarstellung der
30 Geschwindigkeitsüberlagerungen,
- Figur 9: eine Darstellung verschiedener Nahtformen und
- Figur 10 - 12: verschiedene Prinzipskizze für Varianten
35 der Laserstrahlbewegung am Werkstück.

Figur 1 und 2 zeigen in schematischen Draufsichten und Seiten- bzw. Frontansichten den prinzipiellen Aufbau einer Lasereinrichtung (1). Die Lasereinrichtung (1) kann Bestandteil einer Bearbeitungsstation in Form einer
5 eigenständigen Zelle oder einer Zelle bzw. Station in einer Fertigungsline sein. Die Lasereinrichtung (1) kann ferner mehrfach in der Station vorhanden sein. In der gezeigten Ausführungsform handelt es sich z.B. um eine Geostation oder Framingstation im Karosserierohbau, in der
10 die zunächst lose geklammerte Karosserie (2) ihre endgültige Form erhält. Die Station kann alternativ auch als Ausschweißstation oder Respot-Station ausgebildet sein. Ein Einsatz ist ferner in Fertigungszellen für Karosserieteile, z.B. Seitenwände oder dergleichen
15 möglich. Generell kann die Lasereinrichtung (1) in beliebigen Umgebungen eingesetzt und zur Bearbeitung beliebiger Werkstücke (2) verwendet werden, wobei letztere vorzugsweise Fahrzeugkarosserien oder deren Karosserieteile sind.

20 Die Lasereinrichtung (1) besteht aus mindestens einem Manipulator (4) mit einem Laserwerkzeug (15), einer Laserquelle (13) und einer Leiteinrichtung (16) für den Transport des Laserlichts von der Laserquelle (13) zum
25 Laserwerkzeug (15). Ferner kann die Lasereinrichtung (1) noch eine gemeinsame Steuerung (20) für den Manipulator (4) und die Laserquelle (13) aufweisen. Zudem kann Bestandteil der Lasereinrichtung (1) ein sogenanntes Tooling (27) sein, welches ebenfalls mit der Steuerung
30 (20) verbunden sein kann.

Der Manipulator (4) kann von beliebig geeigneter Bauart sein und trägt an seinem vorderen Ende eine mehrachsige Hand (8). In der gezeigten und bevorzugten Ausführungsform
35 handelt es sich um einen sechssachsigen Gelenkarmroboter, der auch ein oder mehrere Zusatzachsen (11), z.B. die in Figur 1 und 2 gezeigte lineare Fahrachse haben kann. Der

Roboter (4) kann am Anlagenboden, an einem Portal (nicht dargestellt), an einer Seitenwand oder einer sonstigen geeigneten Stelle angeordnet sein.

5 Der Gelenkarmroboter (4) besteht aus einem Gestell (31), auf dem um eine erste Drehachse I eine Konsole (5) drehbar gelagert ist. An der Konsole (5) ist um eine quer verlaufende Schwenkachse II eine Schwinge (6) schwenkbar gelagert, an deren anderem Ende wiederum über eine dritte, 10 quer liegende Schwenkachse III ein Ausleger oder Roboterarm (7) schwenkbar gelagert ist. An dessen Ende ist die Roboterhand (8) mit ihren drei Dreh- und Schwenkachsen IV,V,VI angeordnet. Die drei Handachsen IV,V,VI schneiden sich vorzugsweise in einem gemeinsamen Kreuzungspunkt (10) 15 und sind orthogonal zueinander ausgerichtet.

Alternativ kann der Manipulator (4) einfacher ausgebildet und mit weniger Achsen ausgerüstet sein. Es kann sich hierbei z.B. um eine Lineareinheit mit zwei 20 translatorischen Achsen in der Art eines Kreuzschlittens handeln. Ferner sind Manipulatorformen mit einer Kombination von linearen und rotatorischen Achsen möglich. Die Hand (8) hat auch in diesen Fällen mindestens zwei einander kreuzende Handachsen.

25 Das Laserwerkzeug (15) ist vorzugsweise als Remote-Laserwerkzeug ausgebildet, welches eine Brennweite F hat und vom Manipulator (5) in einem kontaktfreien Abstand schwebend über dem Werkstück (2) entlang einer 30 Bearbeitungsbahn (30) geführt wird. Zwischen dem Laserwerkzeug (15) und dem Werkstück (2) besteht kein Berührungskontakt, wobei auch auf Andruckrollen und dergleichen andere Führungsmittel verzichtet wird. Die Brennweite F bestimmt den Arbeitsabstand des 35 Laserwerkzeugs (15) vom Werkstück (2) und beträgt vorzugsweise mehr als 300 mm, insbesondere 500 mm bis 1.500 mm und mehr.

Die Brennweite F kann fest sein. Sie kann alternativ
veränderlich sein und sich z.B. durch einen Revolver-
Optikkopf oder einen Wechsel der Laseroptik umschalten
5 oder mittels einer verfahrbaren Lineareinheit
(Fokusnachführung) verstellen lassen.

Das Laserwerkzeug (15) ist in geeigneter Weise am
rotatorischen Abtriebsflansch (9) der Hand (8) angeordnet.
10 In der gezeigten und bevorzugten Ausführungsform wird
hierfür ein Ausleger (12) eingesetzt, der sich vom
Abtriebsflansch (9) schräg nach hinten und nach unten
erstreckt, wodurch das am unteren Auslegerende quer
montierte Laserwerkzeug (15) mit der nach hinten
15 verlängerten Wirkachse des Laserstrahls (14) den
Kreuzungspunkt (10) schneidet. Der Ausleger (12) ist z.B.
als rahmenförmiges Gehäuse gestaltet und umgreift mit
seinen Seitenwänden beidseits die Hand (8) und das
Laserwerkzeug (15).

20 Alternativ kann der Ausleger (12) auch anders gestaltet
sein und sich z.B. in Längsrichtung der letzten Handachse
VI erstrecken. Ferner kann auf den Ausleger (12)
verzichtet und das Laserwerkzeug (15) direkt am
25 Abtriebsflansch (9) befestigt werden. Die Wirkachse des
Laserstrahls (14) muss auch nicht den Kreuzungspunkt (10)
schneiden.

Der Laserbearbeitungsprozess kann von beliebiger Art sein.
30 Vorzugsweise handelt es sich um einen Laserschweißprozess.
Es kann aber auch ein Laserschneidprozess oder ein anderes
Laserverfahren sein. Nachfolgend wird die Lasertechnik mit
Bezug auf ein Laserschweißverfahren beschrieben, wobei
sich die Darstellungen auch auf andere
35 Laserbearbeitungsverfahren entsprechend übertragen lassen.

Zum Schweißen wird der Laserstrahl (14) im wesentlichen durch eine Bewegung der Handachsen IV,V,VI um veränderliche räumliche Auslenkwinkel α abgelenkt und dabei über das Werkstück (2) entlang einer in der Steuerung (20) ermittelten und programmierten Bearbeitungs- oder Schweißbahn (30) bewegt. Figur 4 und 5 verdeutlichen diese Kinematik. Der Manipulator (4) hält die Hand (8) über eine entsprechende Ansteuerung seiner Roboterachsen I,II,III derart, dass die Hand (8) sich in Streckstellung mit Abstand oberhalb des zu bearbeitenden Werkstückbereichs befindet und dabei mit ihrem Gehäuse und der Abtriebsachse VI im wesentlichen parallel zu diesem Werkstückbereich ausgerichtet ist.

In einer solchen Stellung, wie sie z.B. in Figur 2, 4 und 5 mit einem vereinfachten ebenen Werkstück (2) dargestellt ist, kann der Laserstrahl (14) über Drehbewegungen der rotatorischen Handachsen V und VI über die Werkstückoberfläche bewegt und dabei um die besagten räumlichen Auslenkwinkel α abgelenkt werden. Figur 4 zeigt schematisch diese Bewegungsmöglichkeit, wobei z.B. durch überlagerte Handachsenbewegungen am Tafelrand eine umlaufende offene oder geschlossene Steppnaht aus abgesetzten kurzen Laserstrichnähten gebildet wird. In Abwandlung des genannten Ausführungsbeispiels kann alternativ oder zusätzlich zur letzten Handachse und Abtriebsachse VI eine Drehbewegung um die erste Handachse IV erfolgen. Dies gilt zumindest in der in Figur 5 gezeigten Streckstellung.

Während der Handachsenbewegungen kann der Manipulator (4) mit seinen anderen Achsen I,II,III in Ruhe bleiben. Etwaige durch den Auslenkwinkel α und die dementsprechende Bogenbahn des Fokuspunktes oder Brennflecks bedingte Höhenabweichungen df (vgl. Figur 5) können gegebenenfalls durch eine Nachführbewegung des Manipulators (5) mit ein oder mehreren seiner Achsen I,II,III kompensiert werden,

um den Fokuspunkt stets genau auf der Werkstückoberfläche zu halten. Bei längeren Brennweiten verringert sich die Höhenabweichung df und kann je nach Prozesserfordernis auch unter Verzicht auf eine Nachführbewegung toleriert werden.

Der Manipulator (4) kann außerdem zwischen den einzelnen Bearbeitungs- oder Prozessabschnitten, aber auch während des Schweißprozesses, eine Versatzbewegung über seine Achsen I, II, III und gegebenenfalls auch über die erste Handachse IV ausführen und dabei die Hand (8) und das Laserwerkzeug (15) relativ zum Werkstück (2) führen.

Diese Versatzbewegung und die Handachsenbewegung zur Laserstrahlablenkung können einander überlagert werden. Insbesondere kann der Manipulator (4) eine kontinuierliche Versatzbewegung mit im wesentlichen konstanter Versatzgeschwindigkeit ausführen, wobei die überlagerte Strahlablenkbewegung dieser Versatzbewegung zumindest partiell entgegengerichtet ist. Die Strahlablenkbewegung kann zusätzlich oder alternativ bei der Bewegungsüberlagerung quer zur Versatzbewegung gerichtet sein. Dadurch lassen sich beliebige Nahtformen (30) erzielen, wie sie in Figur 9 in verschiedenen Beispielen angedeutet sind. Die Variationsmöglichkeiten betreffen insbesondere die Form, Länge und Abfolge der einzelnen Nahtabschnitte sowie die räumliche Gesamtform der Naht (30), z.B. Kreise, Spiralen, Winkelstrecken etc..

Figur 7 und 8 verdeutlichen die vorerwähnte Bewegungsüberlagerung. Bei einer parallelen Ausrichtung beider Bewegungen kann z.B. gemäß Figur 8 die Versatzbewegung mit einer hohen Versatzgeschwindigkeit V_r erfolgen, wobei die entgegengerichtete Ablenkbewegung eine kleinere Auslenkgeschwindigkeit V_w erzeugt. Durch die Überlagerung beider entgegen gerichteter Bewegungen ergibt sich am Werkstück (2) an der Bearbeitungsbahn oder

- Schweißnaht (30) eine Bearbeitungs- oder Schweißgeschwindigkeit V_s . Für das Laser-Remoteschweißen mit einer engen Bündelung und hohen Strahlqualität des Laserstrahls (14) können sehr hohe
- 5 Schweißgeschwindigkeiten V_s von 9m/min und mehr erzielt werden. Die Versatzgeschwindigkeit V_r und die Auslenkgeschwindigkeit V_w können konstant oder variabel sein.
- 10 Der Manipulator (4) kann hierbei im wesentlichen kontinuierlich und ohne Unterbrechungen oder Richtungsumkehr sowie ohne Starts und Stopps bewegt werden, was die Verlustzeiten reduziert und die Gesamtgeschwindigkeit des Prozesses wesentlich erhöht.
- 15 Figur 7 erläutert hierzu die Wegverhältnisse. Der vom Manipulator (4) mit seiner Hand (8) und dem Laserwerkzeug (15) zurückgelegte Versatzweg f ist im wesentlichen parallel und dabei wesentlich größer als der am Werkstück (2) vom Auftreffpunkt des Laserstrahls (14) zurückgelegte
- 20 Bearbeitungs- oder Schweißweg s entlang der Bearbeitungsbahn (30). Wenn z.B. eine Steppnaht mit mehreren mit gegenseitigem Abstand hintereinander ausgeführten Nahtstrichen gesetzt wird, beginnt gemäß Figur 7 der Schweißprozess bereits an einer Position X, in
- 25 der der Laserstrahl (14) über eine Handachsenbewegung um den Winkel α ausgelenkt und schräg auf das Werkstück (2) gerichtet wird. Der Auslenkwinkel α ist hierbei der räumliche Winkel, um den das Laserwerkzeug (15) mit dem Laserstrahl (14) aus der Senkrechten oder Normalenrichtung
- 30 zur Werkstückoberfläche ausgelenkt wird. In dieser Ausgangslage, wie sie in Figur 5 und 6 verdeutlicht wird, hat die Hand (8) außerdem vorzugsweise ihre Streckstellung.
- 35 Zu Beginn des Laserschweißprozesses im Punkt X eilt der Laserstrahl (14) der Hand (8) in Richtung der Versatzbewegung voraus und ist schräg auf die

Werkstückoberfläche gerichtet, wobei er mit einem Einstrahlwinkel β zur Werkstückoberfläche auftrifft. Diese Ausrichtung, in welcher der Laserstrahl (14) sich über dem Schweißbad befindet, wird auch als stechender Strahleinfall bezeichnet. Im Verlauf des Versatzwegs f wird der Auslenkwinkel α reduziert, wodurch sich die Orientierung des Laserstrahls (14) ändert und der Einstrahlwinkel β sich entsprechend vergrößert. Etwa in der Mitte des Versatzwegs f betragen der Auslenkwinkel α ca. 0° und der Einstrahlwinkel β ca. 90° . Ab diesem Punkt ändert sich die Strahlorientierung, wobei der Auslenkwinkel α negativ wird und betragsmäßig wieder zunimmt. Der Einstrahlwinkel β wird ebenfalls negativ und nimmt betragsmäßig wieder ab. Ab dem besagten Mittelpunkt wird der Laserstrahl (14) vom Laserwerkzeug (15) schräg nach hinten gerichtet, wobei das Laserwerkzeug (15) den Laserauftreffpunkt am Werkstück überholt und voreilt. Diese Ausrichtung wird auch als schleppender Strahleinfall bezeichnet.

20

Am Ende des Schweißwegs s ist der Manipulator (4) in seiner Versatzbewegung und seinem Versatzweg f am Endpunkt Y weit voraus. Für den nächstfolgenden Nahtabschnitt wird durch eine Handachsenbewegung das Laserwerkzeug (15) bei abgeschaltetem Laserstrahl wieder umorientiert und nimmt den vorbeschriebenen positiven Auslenkwinkel α ein, um für den nächsten Schweißprozess am Startpunkt X wieder bereit zu sein.

25

Diese an einem einfachen ebenen Werkstück und für eine einfache Schweißnaht mit geraden Nahtstrichen beschriebene Kinematik kann mit entsprechenden Modifizierungen auch für kompliziertere Verhältnisse mit z.B. gewölbten Werkstückoberflächen und einer entsprechenden Änderung der Versatzbewegung übertragen werden. Vorzugsweise wird bei der Versatzbewegung der Manipulator (4) derart in seiner Bewegungsbahn programmiert, dass der Kreuzungspunkt (10)

35

der Handachsen IV,V,VI in einer der zu bearbeitenden Werkstückkontur und der gewünschten Bearbeitungs- oder Schweißbahn (30) folgenden räumlichen Bewegungsbahn mit einem im wesentlichen konstanten Arbeitsabstand über das Werkstück (2) geführt wird.

Figur 10 bis 12 zeigen Varianten der Laserstrahlbewegung am Werkstück. Der Laserstrahl (14) zu Beginn des Schweißprozesses ist mit durchgezogenen Strichen und zum Ende des Schweißprozesses gestrichelt dargestellt.

In Figur 7 und Figur 10 verläuft der Schweißfortschritt am Werkstück mit der gleichen Vorwärtsrichtungskomponente wie die Versatzbewegung, was in Figur 10 durch einen Pfeil am Nahtabschnitt (30) verdeutlicht wird. Hierbei ist die Versatzgeschwindigkeit V_r betragsmäßig größer als die entgegengerichtete Auslenkgeschwindigkeit V_w .

In Figur 7 und im ersten linken Teilbild von Figur 10 ist am Startpunkt X ein stechender Strahleinfall mit positivem Auslenkwinkel α dargestellt.

Wenn bei einer Steppnaht enge Abstände zwischen den Nahtabschnitten vorhanden sind und der Manipulator (4) eine hohe Versatzgeschwindigkeit V_r hat, kann die Zeit für eine Umorientierung des Laserstrahls aus dem schleppenden Strahleinfall am Ende eines Nahtabschnitts zum Beginn des nächsten Nahtabschnitts knapp werden. In solchen Fällen, aber auch bei anderen Gelegenheiten, kann der Laserstrahl (14) am Beginn des Nahtabschnitts steiler und mit einem kleineren Auslenkwinkel α einfallen, wie dies das zweite Teilbild von Figur 10 verdeutlicht.

Es ist sogar bei Nahtbeginn ein schleppender Strahleinfall mit negativem Auslenkwinkel α möglich, der sich bis zum Nahtende vergrößert. Der Einfallswinkel β behält in diesen Fällen sein Vorzeichen und verkleinert sich über den Schweißweg. Das dritte und das vierte rechte Teilbild von

Figur 10 zeigen einen solchen schleppenden Strahleinfall an Anfang und Ende des Nahtabschnitts (30).

Figur 11 und 12 zeigen eine weitere Variante der
5 Laserstrahlablenkung. In diesem Fall wird der Laserstrahl (14) zu Beginn des Schweißprozesses am Punkt X auf das entfernte Ende des Nahtabschnitts (30) gerichtet. Hierbei besteht ein zunächst schleppender Strahleinfall mit einem positiven Auslenkwinkel α . Über dem Verlauf der
10 Versatzbewegung wird der Laserstrahl (14) derart schnell in entgegengesetzter Richtung orientiert, dass die Auslenkgeschwindigkeit V_w betragsmäßig größer als die Versatzgeschwindigkeit V_r ist. Der Schweißfortschritt vollzieht sich dadurch entgegen der Versatzbewegung, was
15 in Figur 11 durch einen linksgerichteten Pfeil verdeutlicht wird. Ab dem senkrechten Einfallswinkel β bis zum Ende des Schweißprozesses hat der gestrichelt dargestellte Laserstrahl (14) wieder einen stechenden Strahleinfall mit einem negativen Auslenkwinkel α . Mit
20 solchen rückwärts gerichteten Schweißfortschritten können die in Figur 9 dargestellten Nahtformen gebildet werden. Zudem können Schuppennähte geschweißt werden, bei denen der Laserstrahl (14) entlang des Schweißwegs mehrmals vorwärts und rückwärts pendelt.

25 Die Laserquelle (13) kann von beliebiger und geeigneter Art sein. Sie ist in ihrer Leistung veränderlich und kann insbesondere in Abhängigkeit von den Laserstrahlbewegungen gesteuert werden. Hierfür ist vorzugsweise eine gemeinsame
30 Steuerung (20) von Manipulator (4) und Laserquelle (13) vorhanden. Die Laserquelle (13) ist vorzugsweise als Faserlaser, Scheibenlaser oder diodengepumpter Nd-YAG-Laser ausgebildet. Eine solche Laserquelle (13) lässt sich bei Bedarf auch kurzzeitig abschalten, was z.B. bei
35 Steppnähten zwischen den einzelnen Nahtabschnitten der Fall ist. Außerdem kann die Laserleistung der Laserquelle (13) in ihrer Höhe in Abhängigkeit vom Auslenkwinkel α

oder vom Einstrahlwinkel β gesteuert werden. Das Einkoppelverhalten des Laserstrahls (14) hängt vom Einstrahlwinkel β ab und ist im Bereich von ca. 90° am besten. In diesem Winkelbereich kann die Laserleistung entsprechend verringert werden. Bei betragsmäßig kleineren Einstrahlwinkeln β wie sie z.B. in Figur 7 bei den Start- und Endpunkten X,Y gegeben sind, ist das Einkoppelverhalten schlechter, wobei zur Kompensation die Laserleistung entsprechend erhöht wird.

Die Lasereinrichtung (1) ermöglicht es, die im Bearbeitungs- oder Schweißweg s vom Laserstrahl (14) eingebrachte Streckenenergie zu steuern und zu optimieren. Die Laserleistung lässt sich hierbei auch in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit steuern, mit der sich der Auftreffpunkt des Laserstrahls (14) entlang der Schweißbahn (30) am Werkstück (2) bewegt. Diese Bewegung ist abhängig von der Handachsenbewegung und der Laserstrahlablenkung sowie der gegebenenfalls überlagerten Versatzbewegung. Je höher die Bewegungsgeschwindigkeit des Auftreffpunktes ist, desto höher kann die Laserleistung sein. Umgekehrt verringert sich mit der Bewegungsgeschwindigkeit die erforderliche Laserleistung. Die eingebrachte Streckenenergie kann hierdurch in der gewünschten Weise gesteuert und z.B. im Wesentlichen konstant gehalten werden. Je nach Prozesserfordernissen kann sie aber auch örtlich und zeitlich variieren, um z.B. Dicken- oder Lagenunterschiede im Werkstück zu berücksichtigen. Die Bewegungsgeschwindigkeit des Strahlauftreffpunktes und die daran gekoppelte Laserleistung können außerdem über den Schweißweg oder Nahtlänge s variieren.

Die vorbeschriebenen unterschiedlichen Einflussgrößen für die Laserleistung können einander überlagern und sich gegenseitig beeinflussen. In einer Technologiedatenbank können hierfür die erforderlichen Laser-Prozessparameter

und insbesondere die Steuerungsdaten für die Laserleistung in Abhängigkeit von der Bewegungskinematik des Laserstrahls (14) hinterlegt und gespeichert werden. Als Bewegungsparameter für den Laserstrahl (14) können hierbei
5 die Versatzgeschwindigkeit V_r , der Versatzweg f , die Auslenkgeschwindigkeit V_w , der Auslenkwinkel α bzw. der Einstrahlwinkel β , die Brennweite F , gegebenenfalls der Arbeitsabstand des Kreuzungspunktes (10) gegenüber der Werkstückoberfläche und die gewünschte Nahtform bzw. deren
10 Verlauf sowie evtl. weitere Daten eingegeben werden.

Die gemeinsame Steuerung (20) beinhaltet mindestens eine Recheneinheit (21) mit ein oder mehreren angeschlossenen Speichern (22), in denen einerseits die vorerwähnte
15 Technologiedatenbank(en) und andererseits mindestens ein Programm gespeichert sind, mit dem die vom Manipulator (4) durchzuführenden Versatz- und Handachsenbewegungen und die vorerwähnten Laser-Prozessparameter, insbesondere die erforderliche Laserleistung, automatisch ermittelt und
20 während des Schweißprozesses eingestellt, abgearbeitet und ggf. überwacht sowie protokolliert werden.

Die Ermittlung geschieht an Hand von Werkstückdaten, die der Steuerung (20) über eine Eingabeeinheit (23) vor Ort
25 eingegeben werden. Diese Werkstückdaten beinhalten zum einen die gewünschte ein- oder mehrteilige Bearbeitungsbahn (30). Dies können Daten über Ort, Verlauf und Art bzw. Nahtform der Schweißbahn (30) am Werkstück (2) sein. Hierbei können beliebige Nahtformen vorgegeben
30 werden, wie sie z.B. in Figur 9 schematisch dargestellt sind. Dies können insbesondere Steppnähte mit mehreren Nahtabschnitten beliebiger Länge und beliebiger Abstände sein. Alternativ können durchgehende Schweißnähte vorgegeben werden. Wie Figur 9 verdeutlicht, können
35 außerdem Kreis- oder Ringnähte, Zick-Zack-Nähte, Schuppennähte mittels aneinander gereihter Bewegungsspiralen etc. vorgegeben werden.

Zu den Werkstückdaten zählen ferner Angaben über Material, Oberflächenbeschaffenheit, Zahl und gegenseitige Lage der Bleche in der Prozesszone und dgl. andere Daten. Diese
5 Werkstückdaten beeinflussen ebenfalls die Laserleistung. Für Mehrlagenschweißungen und für dickere Bleche sind z.B. höhere Leistungen erforderlich. Gegebenenfalls müssen auch mehrere dünne Schweißnähte nebeneinander oder übereinander oder auch breitere Schweißnähte gesetzt werden. Eine
10 Verbreiterung der Schweißnähte kann man z.B. durch einen bewussten Versatz zwischen Laserstrahlfokus und Auftreffpunkt erzielen. Je größer dieser Versatz in der positiven oder negativen Richtung ist, desto größer ist der Strahlquerschnitt am Auftreffpunkt und desto größer
15 ist die Schweißnahtbreite, wobei eine entsprechend höhere Laserleistung nützlich oder erforderlich ist.

In der Steuerung (20) ist ein Programm hinterlegt, welches an Hand der vorerwähnten Werkstückdaten selbsttätig die
20 vom Manipulator (4) durchzuführenden Achsenbewegungen und auch die Bewegungs- und Führungsbahn für die Hand (8) sowie den Kreuzungspunkt (10) und auch die erforderlichen Handachsenbewegungen für die Strahlablenkung berechnet, speichert und dem Manipulator (4) als programmierte Bahn
25 vorgibt. Auch hier ist zudem eine Überwachung und Protokollierung der Bewegungen möglich. Unter Berücksichtigung dieser Bewegungsdaten kann das gleiche oder ein anderes Programm zudem die erforderlichen Laser-Prozessparameter, insbesondere die erforderliche
30 Laserleistung der Laserquelle (13) in den verschiedenen Prozessabschnitten und entlang der Bearbeitungsbahn (30) berechnen, speichern und während des Prozesses abarbeiten. Vom Bediener oder Betreiber sind somit in der vollen Ausbaustufe im Wesentlichen nur die Werkstückdaten
35 einzugeben.

Diese Eingabe kann auf verschiedene Weise erfolgen. Figur 2 zeigt hierfür schematisch verschiedene Möglichkeiten. Dies kann z.B. eine manuelle Eingabe von einem Bediener über eine Tastatur (24) an einer Eingabestation mit einem Monitor sein. Hierbei können auch andere Eingabegeräte, wie eine Maus, ein Tableau oder dergleichen verwendet werden. Die Werkstückdaten können ferner über ein oder mehrere wechselbare und transportable Datenträger (25) in Verbindung mit entsprechenden Laufwerken der Steuerung (20) eingegeben werden. Dies können z.B. CDs, DVDs, Bänder oder dergleichen sein. Ferner ist eine Datenübergabe per Datenfernübertragung mittels ein oder mehrerer Datenleitungen (26), z.B. auch innerhalb eines Netzwerks, möglich. Hierfür kann eine Kabelverbindung, aber auch eine berührungslose Datenfernübertragung mittels Funk, Infrarot oder dergleichen vorgesehen sein.

Die Leiteinrichtung (16) für den Laserstrahl (14) kann in beliebig geeigneter Weise ausgebildet sein. In der gezeigten Ausführungsform besteht sie aus einem flexiblen Lichtleiterkabel (17), welches die Laserquelle (13) mit dem Laserwerkzeug (15) verbindet. Alternativ kann die Leiteinrichtung (16) auch aus einer mit Rohren, Gelenken, Teleskopabschnitten und Spiegeln versehenen Strahlführung bestehen. Daneben sind auch andere beliebige Leiteinrichtungen möglich.

Die Leiteinrichtung (16) ist vorzugsweise modular aufgebaut und besteht aus mehreren Leiterabschnitten (18), die durch Leiterkupplungen (19) untereinander verbunden werden können. Dies bietet eine Art Baukastensystem und erlaubt es, die Leiteinrichtung (16) an den jeweiligen Einsatzzweck anzupassen und die jeweils erforderlichen Längen und Verläufe der Leiteinrichtungen (16) zu bilden. Die Leiteinrichtung (16) ist hierdurch hoch flexibel.

Eine Laserquelle (13) kann mehrere Manipulatoren (4) und Laserwerkzeuge (15) gemeinsam über entsprechend mehrere Leiteinrichtungen (16) versorgen. Dies ist in Figur. 2 durch zwei schematisch dargestellte zusätzliche
5 Leiterkabel (17) symbolisiert. Über die Steuerung (20) und ein entsprechendes Programm kann hierbei die Laserquelle (13) auf die unterschiedlichen Leiteinrichtungen (16) und Laserwerkzeuge (15) umgeschaltet werden. Hierbei können außerdem andere Laserwerkzeuge, die z.B. an Spannrahmen
10 oder dergleichen angeordnet sind, angeschlossen werden. Die Umschaltung der Laserenergie und des Laserstrahls (14) können auch auf anderem Weg, z.B. durch verstellbare Laserstrahlweichen oder dergleichen erfolgen. In weiterer Abwandlung ist es möglich, mit einer aus mehreren
15 Einzelmodulen bestehenden Laserquelle (13) zu arbeiten und jedes Modul mit einem zugehörigen Laserwerkzeug (15) zu verbinden. Auch hier ist alternativ eine Umschaltung möglich.

20 Durch die erwähnte Umschaltung wird die Laserenergie optimal ausgenutzt. Während der Nebenzeiten der einzelnen Manipulatoren (4) bzw. Laserwerkzeuge (15), in denen z.B. das Laserwerkzeug (15) örtlich versetzt oder umorientiert wird, kann die Laserleistung auf ein anderes,
25 prozessbereites Laserwerkzeug (15) umgeschaltet werden. Nach Beendigung der Nebenzeit wird die Laserleistung wieder auf das erste Laserwerkzeug (15) zurückgeschaltet.

Das eingangs erwähnte Tooling (27) ist in Figur 1 und 2 schematisch angedeutet. Es kann ebenfalls genauso wie die
30 Manipulatoren (4) und die Laserquelle (13) an die gemeinsame Steuerung (20) angeschlossen sein und von dieser in Abhängigkeit vom Prozess beaufschlagt werden. Das Tooling (27) kann alternativ Bestandteil der Station
35 sein. Das Tooling (27) kann z.B. aus ein oder mehreren verschiedenen Werkzeugen bestehen. In Figur 1 und 2 ist hierfür z.B. ein Spannwerkzeug (28) angedeutet, welches

aus ein oder mehreren und gegebenenfalls beweglichen und austauschbaren Spannrahmen mit daran befestigten einzelnen Spannwerkzeugen oder sonstigen Bearbeitungswerkzeugen für das Werkstück (2) besteht. Zum Tooling (27) können ferner
5 eine schaltbare örtliche Schutzgaszuführung am Werkstück (2), eine Rauchabsaugung oder dergleichen zählen.

Das Tooling (27) kann ferner einen Werkstückträger (3) für die Karosserien oder Karosserieteile (2) und
10 gegebenenfalls auch eine Transporteinrichtung (29) für den Werkstückträger (3) und/oder die Karosserie/Karosserieteile (2) beinhalten. Eine solche Transporteinrichtung (29) kann zudem eine Positioniereinrichtung aufweisen, mit der die Karosserie
15 oder Karosserieteile (2) in die prozessgerechte Position gebracht und dort fixiert werden. Der Transport und Wechsel der Karosserien oder Karosserieteile (2) kann in beliebig geeigneter Weise über entsprechende stationäre Förderer, wie Rollenbahnen oder dergleichen, aber auch
20 durch frei programmierbare Förderer, wie Transportroboter etc. bewirkt werden. Diese sind ebenfalls an die Steuerung (20) angeschlossen.

Abwandlungen der gezeigten und beschriebenen
25 Ausführungsformen sind in verschiedener Weise möglich. Dies betrifft zum einen die Ausgestaltung und Anordnung der Manipulatoren (4) und der Laserquelle (13) sowie der weiteren Komponenten der Lasereinrichtung (1). Variabel ist auch das Laserwerkzeug (15), welches z.B. über
30 Strahlspaltung mit zwei oder mehr Laserstrahlen (14) arbeiten kann. Außerdem kann in das Laserwerkzeug (15) ein automatischer linearer Fokus- und Höhenausgleich integriert sein. Bei einer entsprechenden Ausgestaltung der Laserquelle (13) und der Leiteinrichtung (16) kann
35 außerdem das Laserwerkzeug (15) mit einem Bündel von mehreren einzelnen schaltbaren Laserstrahlen arbeiten.

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Lasereinrichtung
	2	Werkstück, Karosserie, Karosserieteil
5	3	Werkstückträger
	4	Manipulator, Roboter
	5	Konsole
	6	Schwinge
	7	Ausleger, Roboterarm
10	8	Hand, Roboterhand
	9	Abtriebsflansch
	10	Kreuzungspunkt
	11	Zusatzachse
	12	Ausleger
15	13	Laserquelle
	14	Laserstrahl
	15	Laserwerkzeug, Remote-Laserkopf
	16	Leiteinrichtung für Laserstrahl
	17	Leiterkabel
20	18	Leiterabschnitt
	19	Leiterkupplung
	20	Steuerung
	21	Recheneinheit
	22	Speicher
25	23	Eingabeeinheit
	24	Tastatur
	25	Datenträger
	26	Datenleitung
	27	Werkzeug, Tooling
30	28	Spannwerkzeug
	29	Transporteinrichtung
	30	Bearbeitungsbahn, Schweißbahn
	31	Gestell
35	I	Roboterachse, Drehachse
	II	Roboterachse, Schwenkachse
	III	Roboterachse, Schwenkachse

	IV	Handachse, Drehachse
	V	Handachse, Schwenkachse
	VI	Handachse, Drehachse
5	Vr	Versatzgeschwindigkeit Roboter
	Vs	Bearbeitungsgeschwindigkeit, Schweißgeschwindigkeit
	Vw	Auslenkgeschwindigkeit
	f	Versatzweg Roboter
10	s	Bearbeitungsweg, Schweißweg, Nahtlänge
	F	Brennweite Laser
	α	Auslenkwinkel, Orientierungsänderung Laserstrahl
	β	Einstrahlwinkel
15	df	Höhenabweichung, Höhenfehler

20

25

30

35

PATENTANSPRÜCHE

- 1.) Verfahren zum Laserbearbeiten, insbesondere Laserschweißen, von Werkstücken (2), insbesondere Fahrzeugkarosserien und Karosserieteilen, wobei ein Laserstrahl (14) von mindestens einer Laserquelle (13) über eine Leiteinrichtung (16) zu einem Laserwerkzeug (15) an einer mehrachsigen Hand (8) mindestens eines Manipulators (4) geführt und auf das Werkstück (2) gerichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (4) ein Remote-Laserwerkzeug (15) mit einer Brennweite F in einem kontaktfreien Abstand schwebend über dem Werkstück (2) entlang einer Bearbeitungsbahn (30) führt und dabei den Laserstrahl (14) im wesentlichen über eine Bewegung der Handachsen IV,V,VI um veränderliche Auslenkwinkel α ablenkt, wobei die in ihrer Leistung veränderliche Laserquelle (13) in Abhängigkeit von den Laserstrahlbewegungen gesteuert wird.
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (4) die Hand (8) in einer Versatzbewegung relativ zum Werkstück (2) führt, wobei die Strahlablenkbewegung der Handachsen IV,V,VI der Versatzbewegung überlagert wird.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (4) eine im wesentlichen kontinuierliche Versatzbewegung durchführt, wobei die überlagerte Strahlablenkbewegung der Versatzbewegung zumindest partiell entgegen gerichtet ist.

- 4.) Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass die Laserquelle
(13) und der Manipulator (4) von einer gemeinsamen
Steuerung (20) beaufschlagt werden.
- 5
- 5.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass in einer
Recheneinheit (21) und in mindestens einem Speicher
(22) der Steuerung (20) ein oder mehrere Programme
10 und mindestens eine Technologiedatenbank gespeichert
und abgearbeitet werden, mit denen in der
Recheneinheit (21) an Hand von eingegebenen
Werkstückdaten die vom Manipulator (4)
durchzuführenden Bewegungen und die Laser-
15 Prozessparameter automatisch ermittelt und
ausgeführt werden.
- 6.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die
20 Leistung der Laserquelle (13) und die vom
Manipulator (4) durchzuführenden Versatz- und
Strahlablenkbewegungen nach der am Werkstück (2)
einzubringenden Streckenenergie ermittelt und
gesteuert werden.
- 25
- 7.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die
Werkstückdaten vom Betreiber vor Ort über eine
Eingabeeinheit (23) in die Steuerung (21) eingegeben
30 werden.
- 8.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass von der
Steuerung (21) ein oder mehrere Werkzeuge (27) für
35 das Werkstück (2) gesteuert werden.

- 9.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Laserwerkzeug (15) mit umschaltbarer oder verstellbarer Brennweite F verwendet wird.
- 5
- 10.) Lasereinrichtung zum Laserbearbeiten, insbesondere Laserschweißen, von Werkstücken (2), insbesondere Fahrzeugkarosserien und Karosserieteilen, mit mindestens einer Laserquelle (13), die über eine
- 10 Leiteinrichtung (16) mit einem Laserwerkzeug (15) an einer mehrachsigen Hand (8) mindestens eines Manipulators (4) verbindbar ist, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (4) ein Remote-Laserwerkzeug (15) mit einer
- 15 Brennweite F hält und in einem kontaktfreien Abstand schwebend über dem Werkstück (2) entlang einer Bearbeitungsbahn (30) führt, wobei der Manipulator (4) in den Bewegung seiner Handachsen IV,V,VI derart steuerbar ist, dass der Laserstrahl (14) um
- 20 veränderliche Auslenkwinkel α ablenkbar ist, und wobei die Laserquelle (13) in ihrer Leistung veränderlich und in Abhängigkeit von den Laserstrahlbewegungen steuerbar ist.
- 25
- 11.) Lasereinrichtung nach Anspruch 10, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (4) die Hand (8) in einer Versatzbewegung relativ zum Werkstück (2) führt, wobei die Strahlablenkbewegung der Handachsen IV,V,VI der
- 30 Versatzbewegung überlagert wird.
- 35
- 12.) Lasereinrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (4) eine im wesentlichen kontinuierliche Versatzbewegung durchführt, wobei die überlagerte Strahlablenkbewegung der Versatzbewegung zumindest partiell entgegen gerichtet ist.

- 13.) Lasereinrichtung nach Anspruch 10, 11 oder 12,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die
Laserquelle (13) und der Manipulator (4) eine
gemeinsame Steuerung (20) aufweisen.
- 14.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Steuerung (20) mindestens eine Recheneinheit
(21) und mindestens einen Speicher (22) mit ein oder
mehreren Programmen und mit mindestens einer
Technologiedatenbank aufweist, mit denen an Hand von
eingegebenen Werkstückdaten die vom Manipulator (4)
durchzuführenden Bewegungen und die Laser-
Prozessparameter automatisch ermittelbar und
ausführbar sind.
- 15.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Leistung der Laserquelle (13) und die vom
Manipulator (4) durchzuführenden Versatz- und
Strahlablenkbewegungen nach der am Werkstück (2)
einzubringenden Streckenenergie ermittelbar und
steuerbar sind.
- 16.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Steuerung (21) eine Eingabeeinheit (23) zur
Eingabe von Werkstückdaten vom Betreiber vor Ort
aufweist.
- 17.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden
Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Eingabeeinheit (23) eine Tastatur (24) und/oder
ein Laufwerk für transportable Datenträger (25)
und/oder mindestens eine Schnittstelle für eine
Datenleitung (26) aufweist.

- 18.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Lasereinrichtung (1) ein oder mehrere Werkzeuge (27) für das Werkstück (2) aufweist, die mit der Steuerung (21) verbunden sind.
- 19.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Werkzeuge (27) als Spannwerkzeuge (28) und/oder als Transporteinrichtung (29) für die Werkstücke (2) ausgebildet sind.
- 20.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Leiteinrichtung (16) modular ausgebildet ist und mehrere mit Leiterkupplungen (19) verbindbare Leiterabschnitte (18) aufweist.
- 21.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Leiteinrichtung (16) als Lichtleitkabel ausgebildet ist.
- 22.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Laserquelle (13) als Faserlaser, Scheibenlaser oder diodengepumpter Nd-YAG-Laser ausgebildet ist.
- 23.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das Laserwerkzeug (15) eine umschaltbare oder verstellbare Brennweite F aufweist.
- 24.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass das Laserwerkzeug (15) eine Brennweite von mehr als

300 mm, vorzugsweise mehr als 1.500 mm, aufweist.

- 25.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass
5 die Lasereinrichtung (1) mehrere Manipulatoren (4) mit Laserwerkzeugen (15) aufweist, wobei die gemeinsame Laserquelle (13) von der Steuerung (20) auf verschiedene Laserwerkzeuge (15) umschaltbar ist.
- 10 26.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator (4) als mehrachsiger Industrieroboter, vorzugsweise als sechssachsiger
15 Gelenkarmroboter mit Roboterachsen I-VI, ausgebildet ist.
- 20 27.) Lasereinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass die Hand (8) drei rotatorische Handachsen IV,V,VI aufweist.

25

30

35

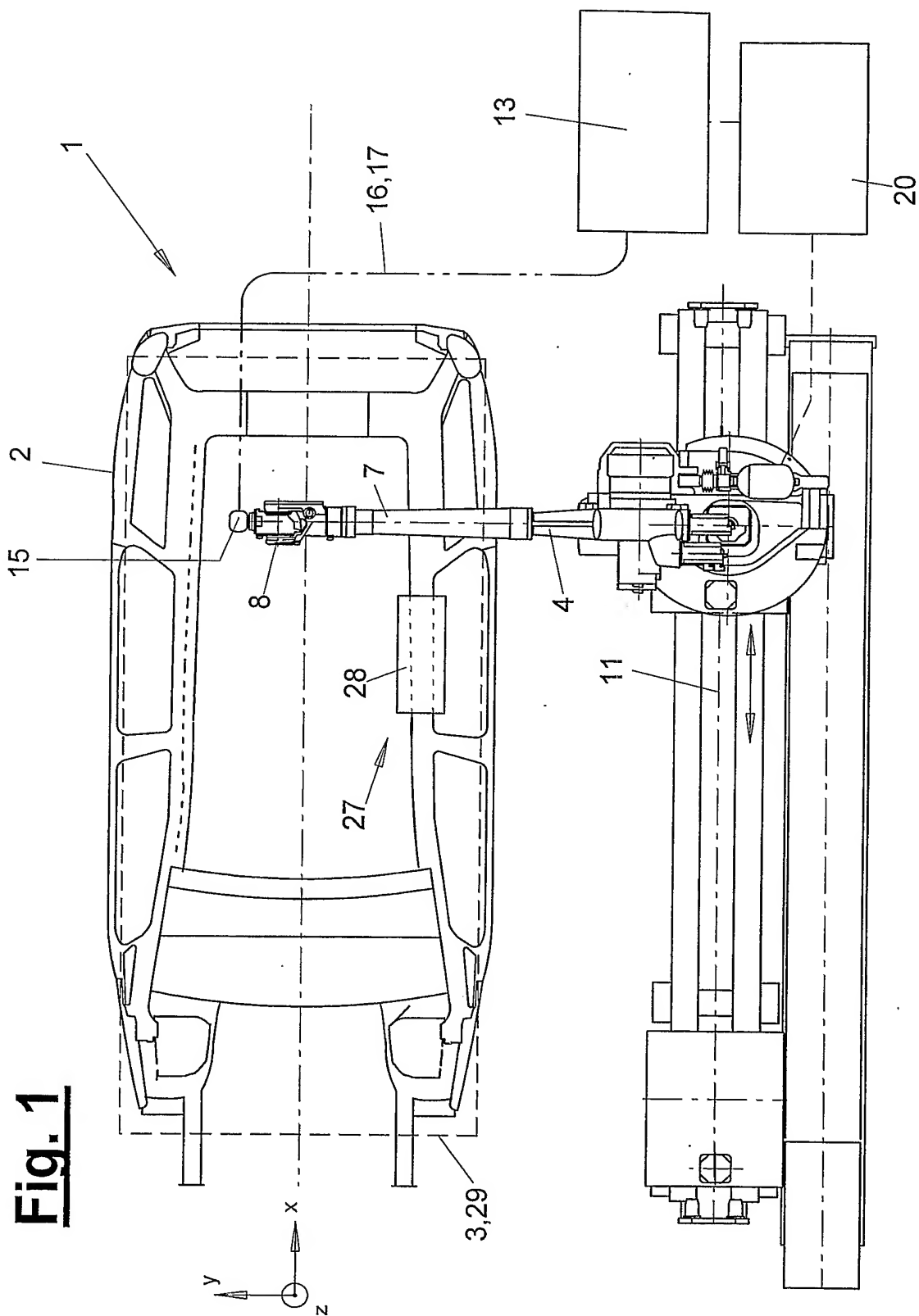
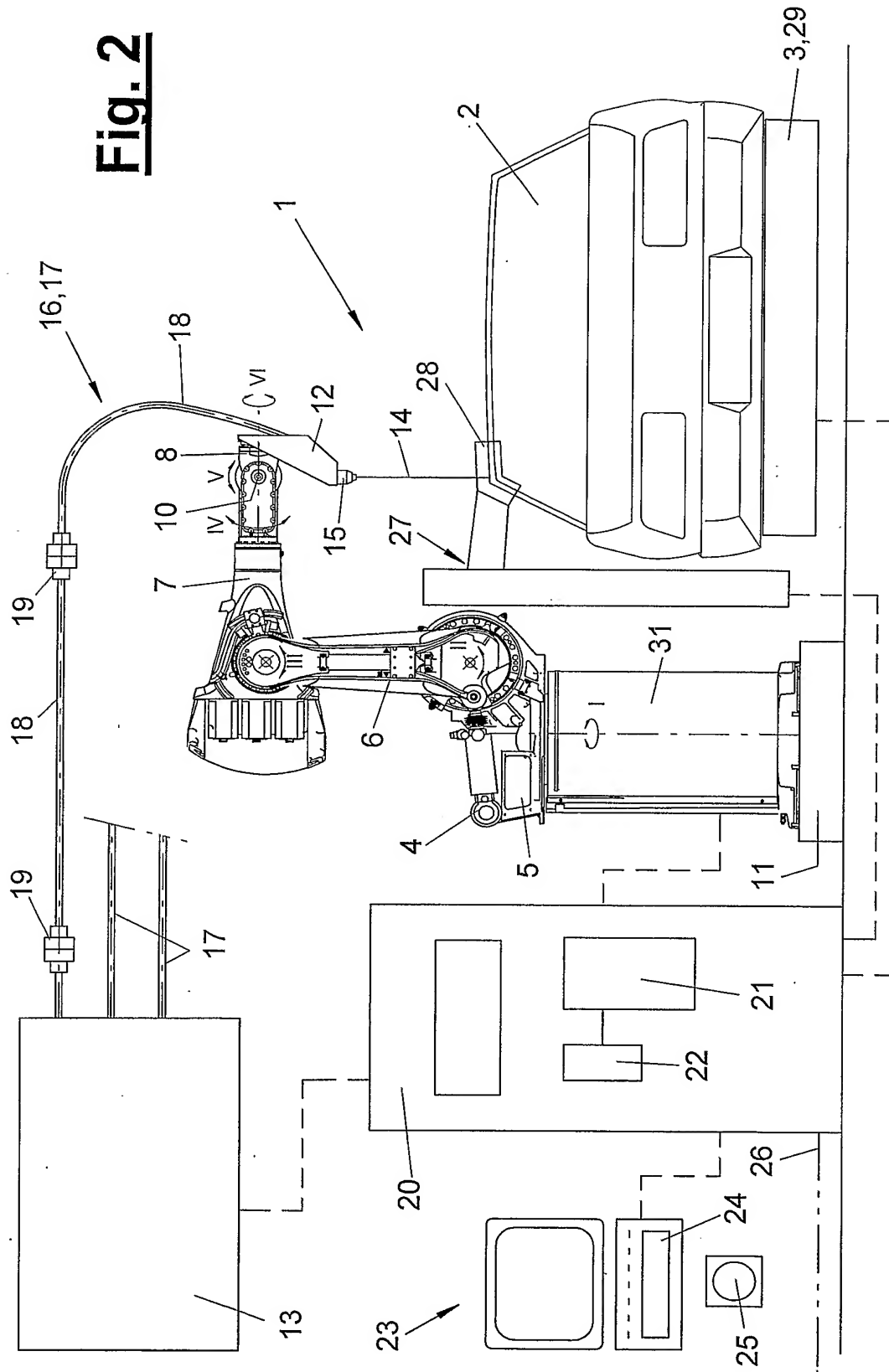


Fig. 2

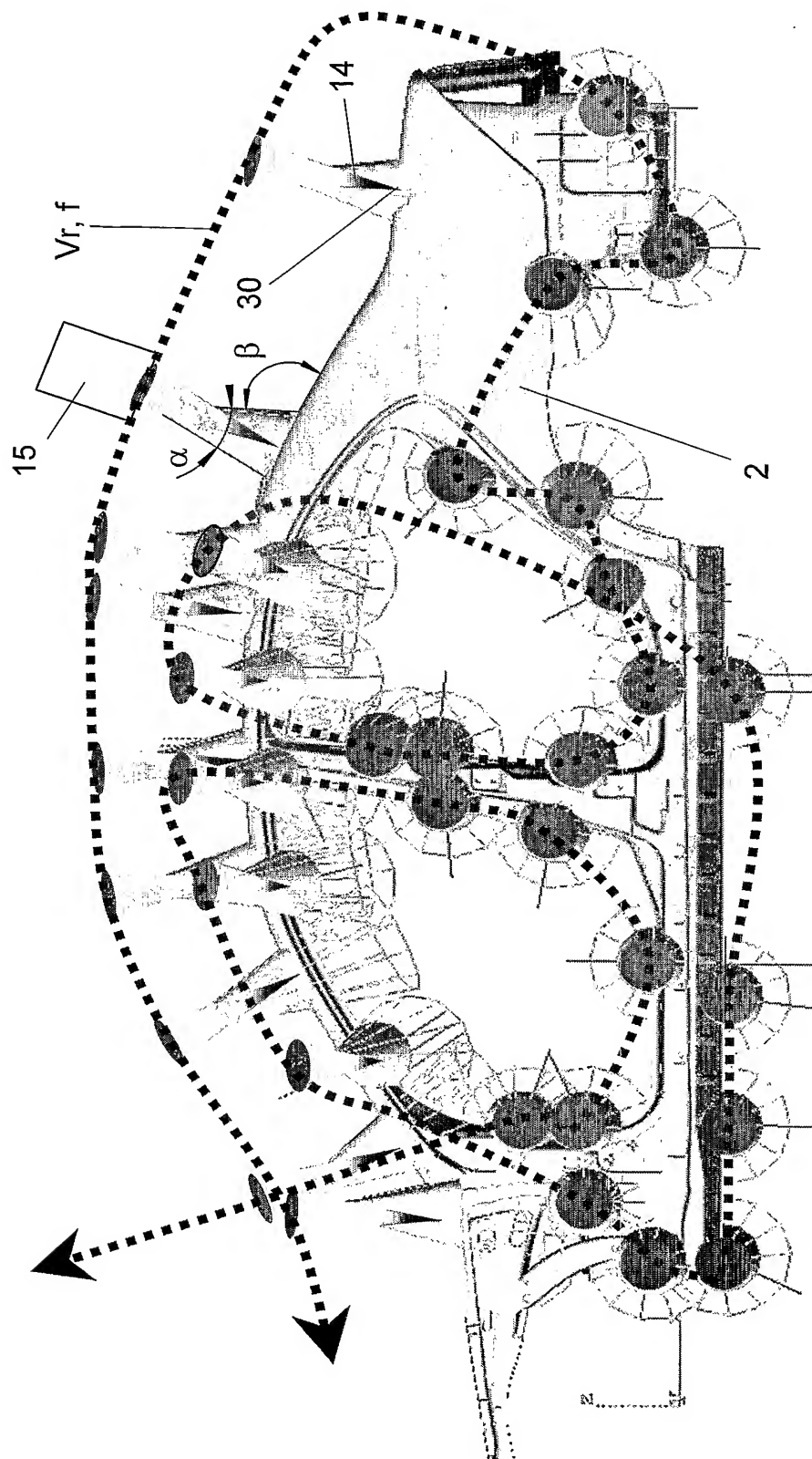
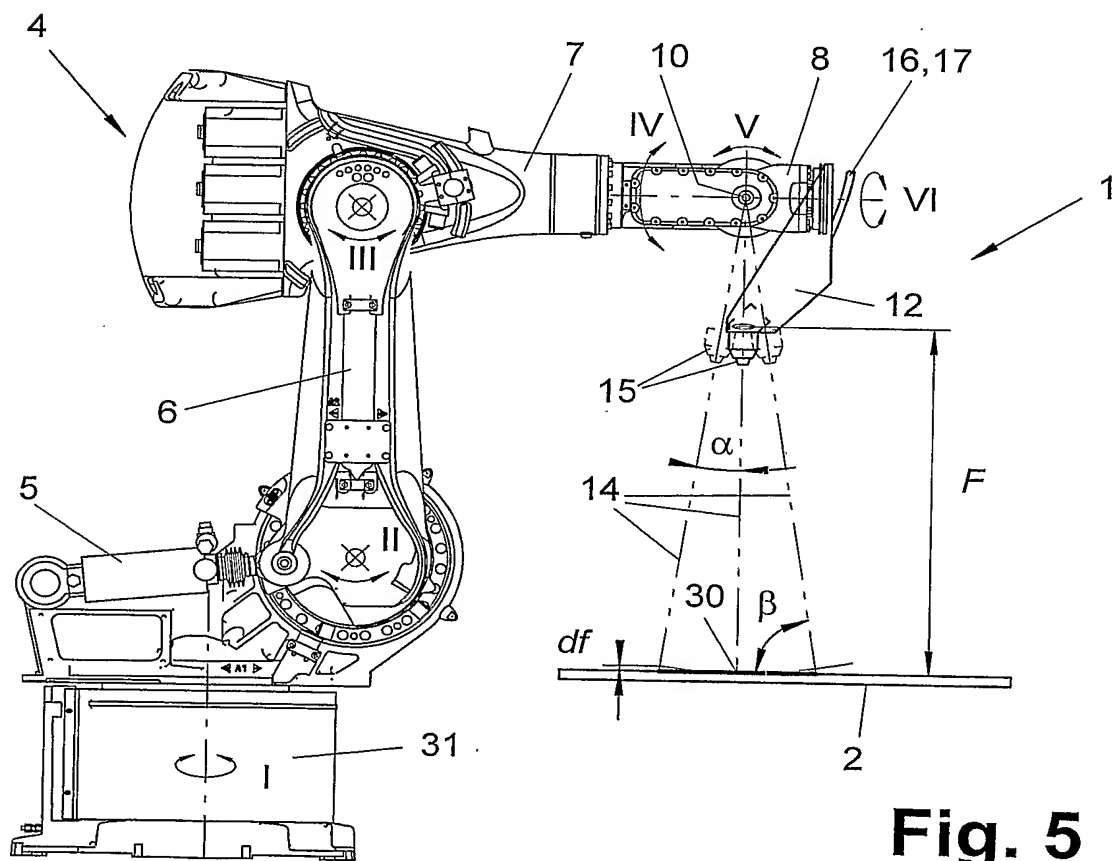
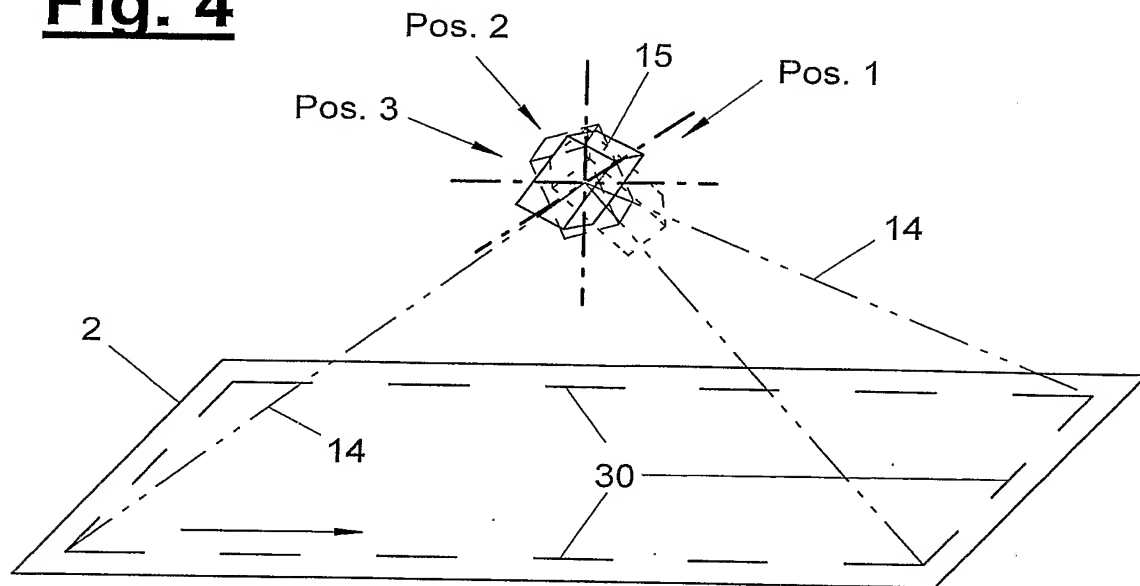


Fig. 3

- 4/7 -

Fig. 4**Fig. 5**

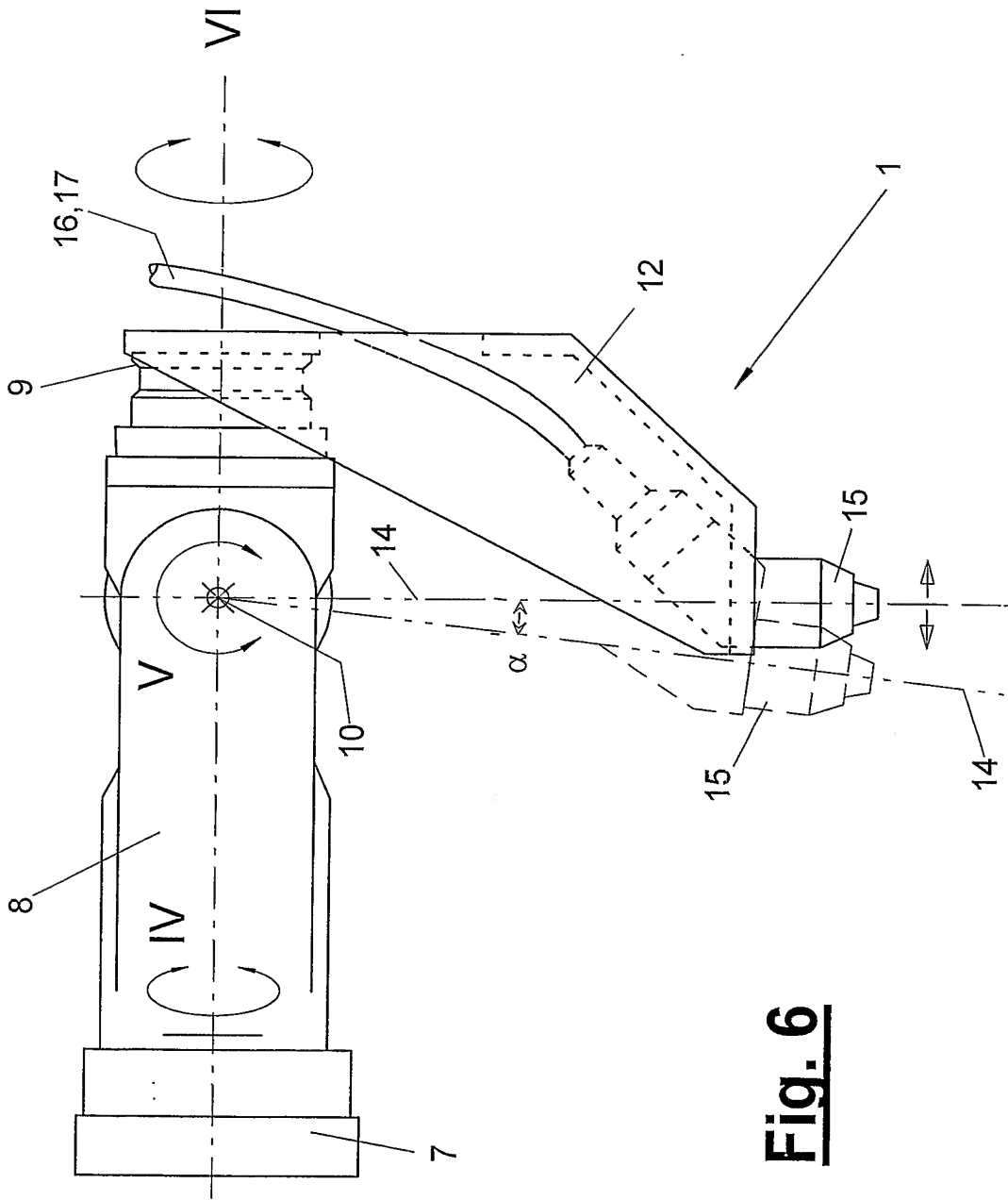


Fig. 6

Fig. 8

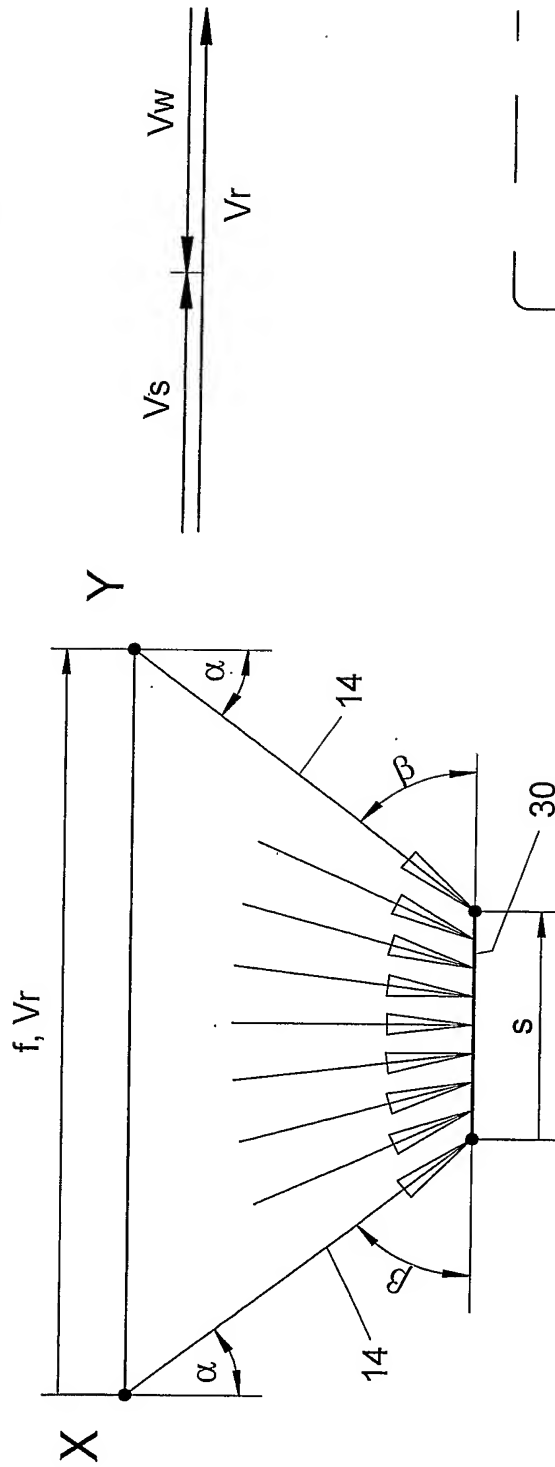


Fig. 7

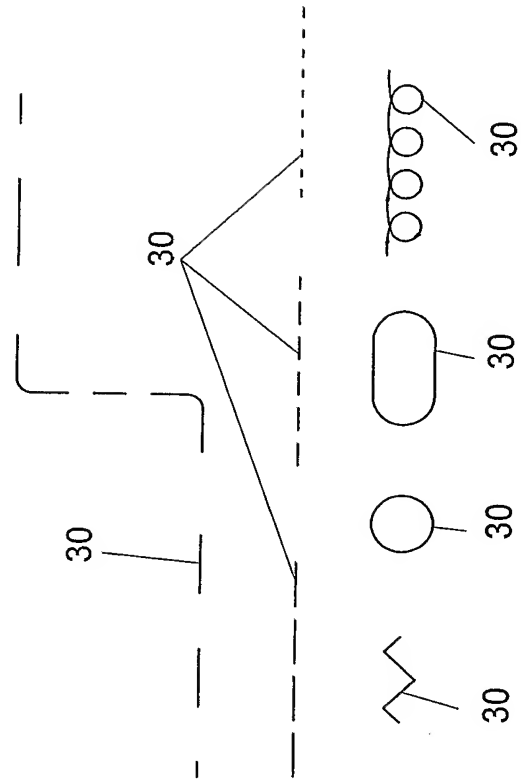


Fig. 9

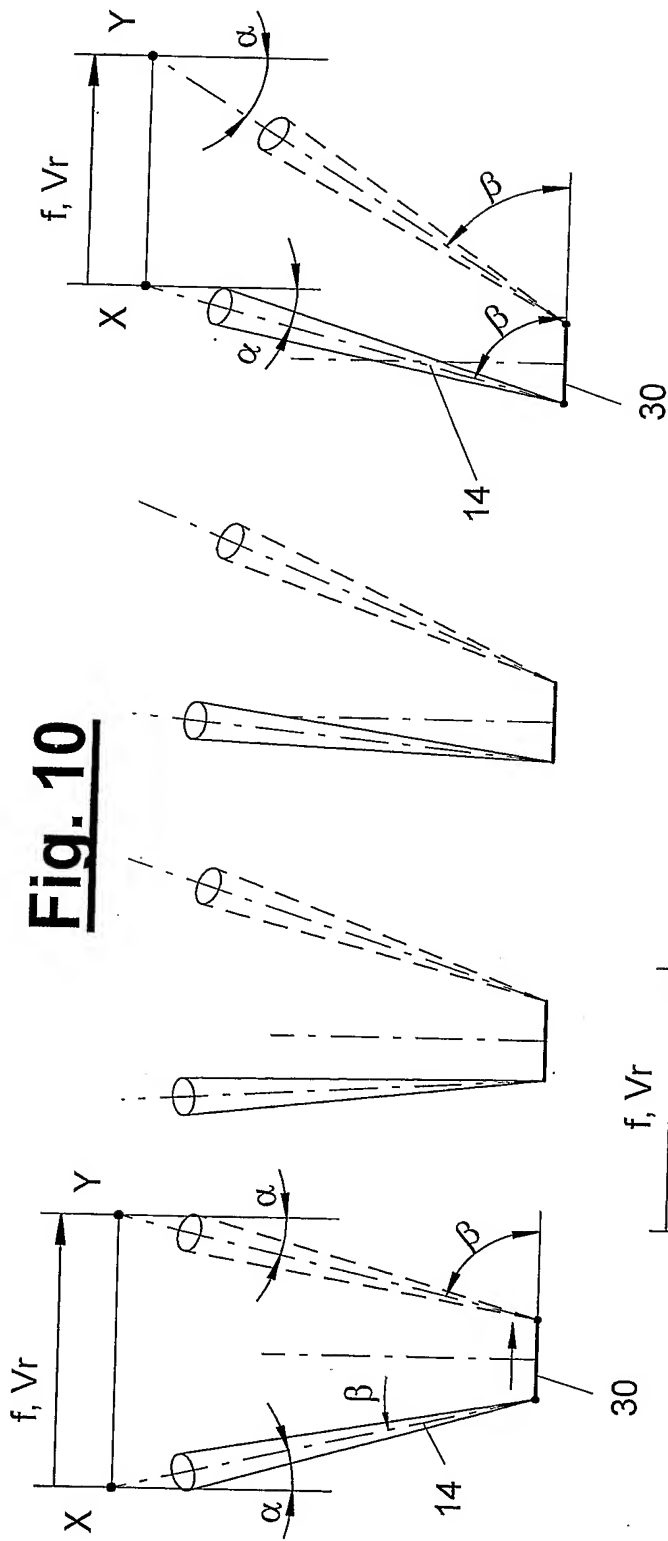


Fig. 10

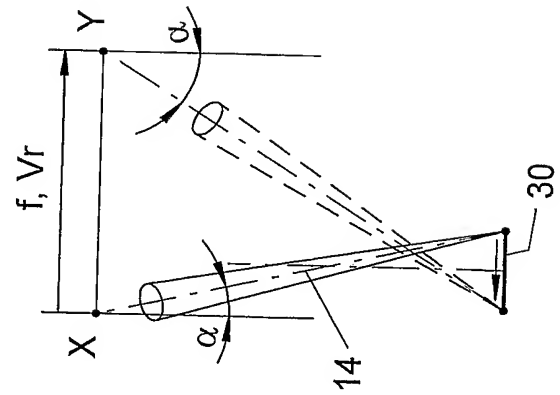


Fig. 11

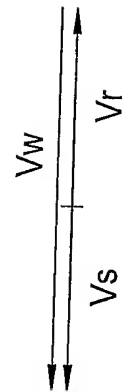


Fig. 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/002438

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23K26/10 B23K26/20 B23K26/04 B25J19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	WO 2005/030427 A (KUKA SCHWEISSANLAGEN GMBH ; P. RIPPL ET AL) 7 April 2005 (2005-04-07) the whole document	1-4,6, 9-13,15, 20-24, 26,27
X	US 2003/192867 A1 (T. YAMAZAKI ET AL) 16 October 2003 (2003-10-16) paragraphs '0025!, '0027!, '0031! - '0035!, '0039! - '0049!, '0053!, '0057!, '0076! - '0078!; figures 1,4-8	1,4-10, 13-19, 22-24
Y	FR 2 663 583 A (CAZES ROLAND) 27 December 1991 (1991-12-27) abstract; figures	1,2,4-7, 9-11, 13-17, 19-27
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 June 2005

Date of mailing of the international search report

01/07/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jeggy, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/002438

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 038 640 A (FANUC LTD) 27 September 2000 (2000-09-27) paragraphs '0016! - '0025!, '0041! - '0047!; figures 4,5,9 -----	1,2,4-7, 9-11, 13-17, 19-27
Y	US 2001/042737 A1 (N. IEHISA ET AL) 22 November 2001 (2001-11-22) abstract; figure 1 -----	21,25
A	US 5 012 069 A (T. ARAI ET AL) 30 April 1991 (1991-04-30) column 1, lines 25-52 column 2, lines 41-56 column 3, lines 14-37; figures 1,5,6 -----	1,2,4-7, 9-11, 13-17, 20, 22-24, 26,27
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 520 (M-1482), 20 September 1993 (1993-09-20) -& JP 05 138374 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 1 June 1993 (1993-06-01) abstract -----	1,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/002438

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2005030427	A	07-04-2005	DE 10344526 A1 WO 2005030427 A1	28-04-2005 07-04-2005
US 2003192867	A1	16-10-2003	JP 3607259 B2 JP 2003308104 A CN 1452036 A EP 1362667 A1	05-01-2005 31-10-2003 29-10-2003 19-11-2003
FR 2663583	A	27-12-1991	FR 2663583 A1	27-12-1991
EP 1038640	A	27-09-2000	JP 2000271888 A EP 1038640 A2 US 6340875 B1	03-10-2000 27-09-2000 22-01-2002
US 2001042737	A1	22-11-2001	JP 3421633 B2 JP 2001293589 A DE 60103812 D1 DE 60103812 T2 EP 1162024 A2	30-06-2003 23-10-2001 22-07-2004 04-11-2004 12-12-2001
US 5012069	A	30-04-1991	JP 1197084 A DE 68908987 D1 DE 68908987 T2 EP 0358771 A1 WO 8907035 A1	08-08-1989 14-10-1993 05-01-1994 21-03-1990 10-08-1989
JP 05138374	A	01-06-1993	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 B23K26/10 B23K26/20 B23K26/04 B25J19/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B23K B25J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
E	WO 2005/030427 A (KUKA SCHWEISSANLAGEN GMBH ; P. RIPPL ET AL) 7. April 2005 (2005-04-07) das ganze Dokument	1-4, 6, 9-13, 15, 20-24, 26, 27
X	US 2003/192867 A1 (T. YAMAZAKI ET AL) 16. Oktober 2003 (2003-10-16) Absätze '0025!, '0027!, '0031! - '0035!, '0039! - '0049!, '0053!, '0057!, '0076! - '0078!; Abbildungen 1,4-8	1,4-10, 13-19, 22-24
Y	FR 2 663 583 A (CAZES ROLAND) 27. Dezember 1991 (1991-12-27) Zusammenfassung; Abbildungen	1,2,4-7, 9-11, 13-17, 19-27
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Juni 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/07/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jeggy, T

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 1 038 640 A (FANUC LTD) 27. September 2000 (2000-09-27) Absätze '0016! - '0025!, '0041! - '0047!; Abbildungen 4,5,9 -----	1,2,4-7, 9-11, 13-17, 19-27
Y	US 2001/042737 A1 (N. IEHISA ET AL) 22. November 2001 (2001-11-22) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	21,25
A	US 5 012 069 A (T. ARAI ET AL) 30. April 1991 (1991-04-30) Spalte 1, Zeilen 25-52 Spalte 2, Zeilen 41-56 Spalte 3, Zeilen 14-37; Abbildungen 1,5,6 -----	1,2,4-7, 9-11, 13-17, 20, 22-24, 26,27
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 017, Nr. 520 (M-1482), 20. September 1993 (1993-09-20) -& JP 05 138374 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 1. Juni 1993 (1993-06-01) Zusammenfassung -----	1,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/002438

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005030427 A	07-04-2005	DE 10344526 A1 WO 2005030427 A1	28-04-2005 07-04-2005
US 2003192867 A1	16-10-2003	JP 3607259 B2 JP 2003308104 A CN 1452036 A EP 1362667 A1	05-01-2005 31-10-2003 29-10-2003 19-11-2003
FR 2663583 A	27-12-1991	FR 2663583 A1	27-12-1991
EP 1038640 A	27-09-2000	JP 2000271888 A EP 1038640 A2 US 6340875 B1	03-10-2000 27-09-2000 22-01-2002
US 2001042737 A1	22-11-2001	JP 3421633 B2 JP 2001293589 A DE 60103812 D1 DE 60103812 T2 EP 1162024 A2	30-06-2003 23-10-2001 22-07-2004 04-11-2004 12-12-2001
US 5012069 A	30-04-1991	JP 1197084 A DE 68908987 D1 DE 68908987 T2 EP 0358771 A1 WO 8907035 A1	08-08-1989 14-10-1993 05-01-1994 21-03-1990 10-08-1989
JP 05138374 A	01-06-1993	KEINE	